

Implementación de un sistema semiautomático computarizado para medir la velocidad de flujo de agua en canales hidrodinámicos. Caso de estudio: Laboratorios de hidráulica Universidad Mariana sede Alvernia (Nariño, Colombia) water speed

Róbinson Andrés Jiménez Toledo, Rubén Darío Tepud, Iván Mauricio Argote Puetaman^a, Javier Alejandro Jiménez Toledo^b

^a Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad Mariana, calle 18 No 34-104, Pasto, Colombia
rjimenez@umariana.edu.co, rtepud@umariana.edu.co, iargote@umariana.edu.co

^b Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Sistemas, Institución Universitaria Cesmag, carrera 20 a No 14-54, Pasto, Colombia
jajimenez@iucsmag.edu.co

Resumen. El desarrollo de un prototipo semiautomático computarizado para la medición de flujo de agua en canales hidrodinámicos, caso de estudio: Laboratorios de hidráulica de la Universidad Mariana Nariño-Colombia, busca realizar una gestión más eficaz y transparente en la toma de datos, permitiendo que el usuario sea beneficiado con la calidad y procesamiento de la información. El proyecto en avance, implementa mejoras en un sistema de control que automatiza gran parte de los procesos, reduciendo al mínimo la posibilidad de error humano, buscando el aumento de la frecuencia en la toma de datos y la precisión de las medidas adoptadas. Para ello se implementó tecnologías de comunicaciones incorporada en redes heterogéneas y sistemas de sensores electromagnéticos, que son las herramientas primordiales para el desarrollo del dispositivo hardware y software construidos. Los sensores son importantes para la gestión del sistema, ya que permiten obtener información estable y en tiempo real. Este tipo de sensores se conectan a una tarjeta de adquisición con acondicionamientos mecánicos y software de procesamiento de datos, que es capaz de almacenar los registros de manera persistente e implementada en su respectiva base de datos; en conjunto el dispositivo permite obtener resultados eficientes y confiables al momento de adquirir y mostrar información. La construcción de este tipo de productos, abre la visión de un trabajo interdisciplinar entre la Ingeniería de Sistemas, la Física, la Electrónica, el medio ambiente, entre otros.

Palabras Clave: Medición de velocidad del agua, micromolinete, sensor magnético.

1 Introducción

La gestión eficaz en la medición de abastecimiento de agua en un canal hidrodinámico pasa, ineludiblemente, por el cálculo tanto de los caudales inyectados como de los caudales consumidos [1]. En este sentido, se puede considerar que los micromolinetes son instrumentos fundamentales para la medición eficiente y confiable de las variables

inherentes a las prácticas académicas correspondientes a las temáticas desarrolladas en los cursos que utilizan caudal [2].

La automatización de procesos se ha convertido en la forma moderna de utilizar la tecnología de punta para el desarrollo de innumerables proyectos. Muchos de estos proyectos necesitan como requerimiento directo el acompañamiento de técnicas de la Ingeniería de Sistemas, apropiándose, también, de otras disciplinas para solucionar problemas de toda índole, como la medición confiable del caudal en un canal hidrodinámico.

Con lo anterior es planteado el sistema WATER SPEED el cual permite la toma de datos a través de elementos discretos de medición (sensores) [3], con el propósito de mejorar el nivel de confiabilidad en la medición de la velocidad de flujo de agua en un canal hidrodinámico [4], mediante la construcción de un sistema semiautomático que utilice dispositivos electrónicos acoplados a sistemas mecánicos, un programa de adquisición, software de procesamiento de datos y soportando por medio de una base de datos.

Siendo imperante la medición de la velocidad de flujo de agua es necesario llevarla a cabo de manera óptima, reduciendo al máximo los costes asociados a tal actividad. Por ello se debe elegir el tipo de dispositivo más adecuado. En la actualidad los instrumentos de medición han sufrido cambios considerables desde los primeros contadores mecánicos de flujo, tanto en materiales como en su calidad constructiva, Ello se debe, principalmente, a la disminución en calidad de los contadores de caudal, por la obligada reducción en costes de producción que ha forzado una mayor competencia entre los fabricantes.

2 Elementos del proceso investigativo

2.1 Descripción del problema de investigación

En el laboratorio de hidráulica de la Universidad Mariana sede Alvernia no existen herramientas actualizadas para realizar mediciones, de flujo de agua, que tengan un buen grado de confiabilidad, por lo tanto, se debe acudir a cálculos indirectos que implican errores en la toma de datos. Aunque comercialmente los aparatos sofisticados para medir la velocidad de flujo existen en el mercado, su costo es muy elevado y su adquisición implica demasiados trámites y por ende pérdida innecesaria de tiempo. De continuar con este problema el personal afectado directamente son los estudiantes, puesto que sus prácticas de laboratorio sería más de observación que de cuantificación y análisis, con resultados con altos márgenes de error.

Dada esta problemática, la presente investigación responde a la pregunta orientadora: ¿Cómo optimizar la medición de la velocidad de flujo de agua mediante un sistema semiautomático computarizado para canales hidrodinámicos, con tecnologías de bajo costo?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

Optimizar la medición de la velocidad de flujo de agua mediante un sistema semiautomático computarizado para canales hidrodinámicos del laboratorio de hidráulica de la Universidad Mariana.

2.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar técnicas e instrumentos utilizados para medición de velocidad de flujo de agua en canales hidrodinámicos.
- Construir el sistema semiautomático computarizado de medición de velocidad de flujo de agua para canales hidrodinámicos caso de estudio laboratorios de hidráulica de la Universidad Mariana sede Alvernia.
- Verificar el nivel de aportes del sistema computarizado en el proceso de medición de velocidad de flujo de agua para canales hidrodinámicos.

2.3 Metodología

Esta investigación se enmarca en el paradigma cuantitativo, puesto que asume la medición y la cuantificación de los datos que se toman en el desarrollo experimental describiendo su comportamiento y teniendo en cuenta los actores que estudia. El enfoque abordado es empírico analítico, ya que se basa en la experiencia adquirida y se ubica en el contexto de las ciencias exactas cuyo principio es la comprobación de hipótesis a través de modelos cuantitativos. El tipo de investigación es cuasi experimental, caracterizado por que las variables no van a ser totalmente controladas.

2.4 Variables e hipótesis

Hipótesis: El sistema semiautomático computarizado propuesto para medir la velocidad de flujo de agua en el canal hidrodinámico, caso de estudio: Laboratorios de hidráulica de la Universidad Mariana mejora los niveles de confiabilidad en la toma de datos.

Variables dependientes: Caudal, velocidad del tirante.

Variables independientes: Área Mojada, respuesta del flotador. Variable interviniente: Confiabilidad.

3 Fase de construcción del sistema semiautomático computarizado para la medición de velocidad del flujo de agua

3.1 Análisis de Requerimientos

Este acápite pretende dar a conocer los requerimientos del sistema, tanto funcionales y no funcionales; los funcionales corresponden a las tareas principales que debe realizar el sistema de acuerdo a las especificaciones del laboratorio; los no funcionales tienen en cuenta las necesidades del sistema para que funcione correctamente, se facilite la manipulación por el usuario y la presentación del sistema. En esta etapa, responde preguntas fundamentales como: ¿Qué es lo que requiere el laboratorio de hidráulica para mejorar el proceso de toma de datos en canales hidrodinámicos? y para ello, se debe diagnosticar la situación actual, recopilar los requerimientos, de esta manera se puede determinar la situación ideal, para así poder definir alternativas de solución, según las cuales se pueda avanzar desde lo que hoy se posee, hacia el punto que se pretende llegar.

Requerimientos funcionales: Los requerimientos funcionales definen las funciones que el sistema será capaz de realizar. Describen las transformaciones que el sistema realiza sobre las entradas para producir salidas.

Requerimientos del sistema: Verificar si existe nivel confiable en la toma de datos del sistema de acuerdo al sensor magnético de posición utilizado.

Requerimientos generales del sistema: Captura los datos de las variables de la velocidad, para determinar el caudal captado por el sistema y los requerimientos que el ingeniero ambiental solicite.

Requerimientos de desempeño: Se requiere que el sistema sea eficiente, ya que debe verificar la velocidad exacta de agua que pasa por el micromolinet. Los reportes que genera el sistema pueden ser diarios, semanales y mensuales según el usuario lo requiera.

Requerimiento de disponibilidad: Se requiere de un plan para actualización mantenimiento y asistencia del sistema.

Requerimientos de soporte y mantenimiento: El usuario requiere de manual y capacitación para el manejo del sistema que sea de fácil comprensión especificando paso a paso el manejo del sistema.

Requerimientos de restricción del Diseño: El sistema requiere que cuando se necesite realizar mejoramientos, se debe tener en cuenta la normalización de la base de datos.

Requerimientos técnicos. Para la implementación y el buen funcionamiento del sistema es necesario tener en cuenta los requisitos de Software: utiliza MySQL versión 2013 para el desarrollo de la base de datos y para el desarrollo del proyecto, Visual Basic .NET 2013 ya que es un lenguaje orientado a eventos centrado en la creación de ventanas y formularios, lo que permite una creación rápida de interfaces usuario, la plataforma a utilizar es Windows 8 por su compatibilidad con la herramienta de desarrollo. Hardware: A nivel de hardware se necesita como mínimo un computador personal con las siguientes especificaciones: procesador dual core 2.0,

2 GB en RAM, Unidad de DVD, monitor, teclado, Mouse, disco duro de 360 Gigas, puerto USB.

Requerimientos ergonómicos: Se necesita una interfaz amigable, de fácil manejo, clara, concisa y que permita manejar el sistema de forma eficiente y apropiada, para interactuar con el usuario.

Requerimientos de interfaz: Se necesita que el sistema interactúe con el administrador de forma clara; utiliza estándares para el atributo de calidad de interfaz gráfica de usuario.

3.2 Diseño conceptual del sistema

Para una mejor comprensión del sistema semiautomático computarizado, en la figura 1 se representa en forma genérica como está compuesto el sistema y cómo se comporta en el canal hidrodinámico. Para este, se puede observar que el usuario puede realizar la toma de datos o generación de reportes de la respectiva medición de la velocidad del agua en el canal y el proceso de persistencia de esta información obtenida en la base de datos.

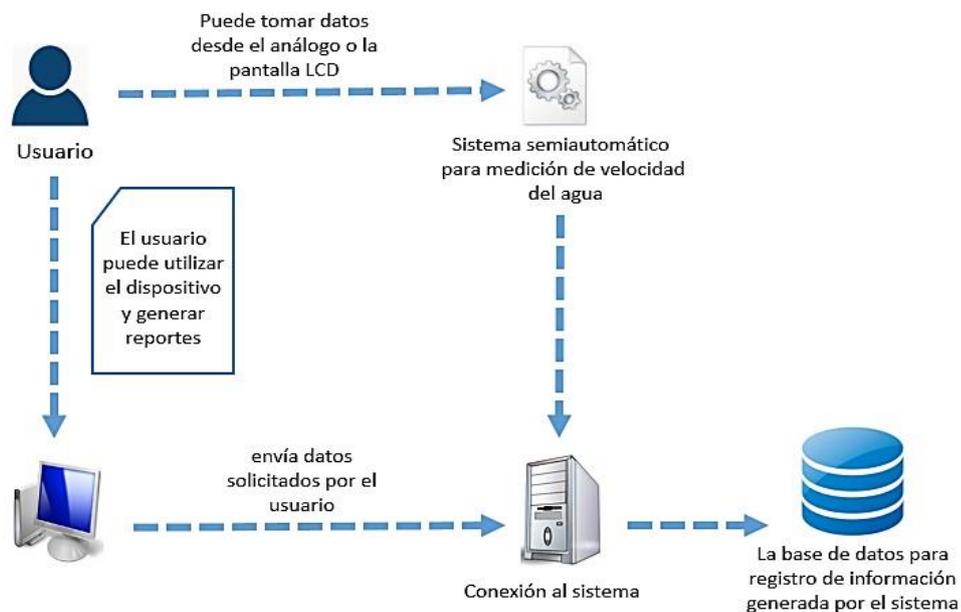


Fig. 1. Diseño general del sistema.

Reafirmando lo anteriormente expuesto, en la figura 2 se indica el rol del usuario en relación con el proceso de consulta desde las dos alternativas tecnológicas como son la pantalla LDC del dispositivo y el producto software del ordenador.

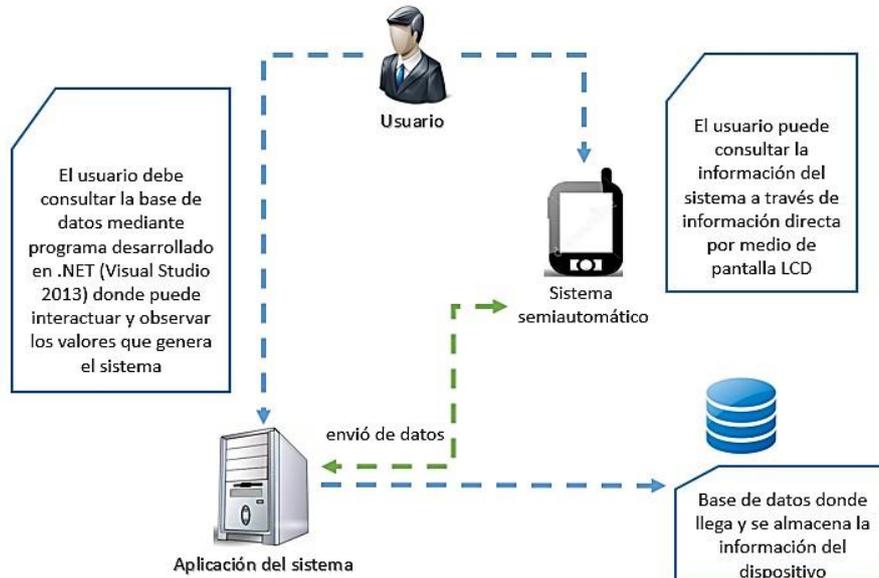


Fig. 2. Proceso de consulta desde las dos alternativas TI implementadas.

En la figura 3 se ilustra el elemento fundamental de este circuito que es el micro controlador principal pic: 18F4550, que se encuentra programado para recibir la señal del micromolinetete y transformar esa información en lenguaje evidente para la pantalla LCD por intermedio de un micro controlador de enlace para LCD, además el microcontrolador principal recibe datos del teclado para programar y visualizar reloj y memoria simultáneamente con el microcontrolador de comunicaciones para registrar los eventos y enlazarlos a un programa desarrollado en alto nivel en el pc, por intermedio de un convertor TTL/RS232.

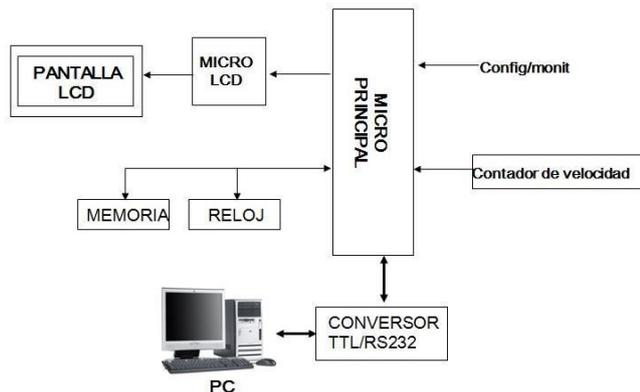


Fig. 3. Elementos fundamentales del sistema – pic 18f4550.

Cuando se trabaja con circuitos electrónicos, se requiere una necesidad básica que es proveer de una fuente eléctrica para que funcione. Sin esta toma de energía, el circuito no servirá de nada. El propósito principal de una fuente de alimentación, es hacer

entrega de una o más tensiones eléctricas que pueden ser variables al circuito, con la suficiente capacidad para mantener las condiciones de operación ideales.

Una fuente de alimentación básica consiste en tres secciones básicas. Dependiendo de los requerimientos de cada dispositivo, las secciones pueden ser simples o extremadamente complejas. Cada parte sirve para un o más propósitos, y son los siguientes:

Transformador: En general, la corriente continua presente en las tomas de electricidad de nuestras casas, no es la adecuada para los circuitos electrónicos. Muchos de ellos necesitan un voltaje bastante menor, mientras que otros requieren que sea mayor. El transformador sirve para convertir la tensión AC (corriente alterna), a un nivel de voltaje más apropiado para las necesidades del circuito. Al mismo tiempo, también provee de aislamiento eléctrico entre la línea AC y el circuito que está siendo alimentado, lo cual es una consideración de seguridad importante.

Rectificador: El siguiente paso es forzar la corriente para que vaya en una dirección, previniendo alteraciones que ocurren en el transformador y la línea AC. Este proceso se conoce como rectificación, y el circuito que realiza la tarea es el rectificador. Hay configuraciones de rectificadores muy diferentes para ser usados en situaciones muy distintas, dependiendo de lo que requiera el circuito. La salida del rectificador es un voltaje DC (corriente continua), que todavía conserva algunas variaciones de la línea AC y el transformador.

Filtro: El voltaje DC del rectificador es generalmente no apropiado aun para dar carga al circuito. Es una tensión de pulsaciones que normalmente varían de cero voltios al pico de salida del transformador. Por ello, insertamos un circuito para almacenar energía durante cada pico de voltaje, y entonces liberarlo cuando ese pico vuelve a bajar. Este circuito se llama filtro, y su trabajo es reducir las pulsaciones del rectificador a un voltaje menor.

3.3 Diseño Conceptual para persistencia de datos

El diseño conceptual parte de la especificación de los requerimientos y su resultado es el esquema conceptual de la base de datos. Un esquema conceptual es una descripción de alto nivel de la estructura de la base de datos, independiente del software que se use para manipularla. Un modelo conceptual es un lenguaje que se usa para describir el contenido de la información de la base de datos, más que las estructuras de almacenamiento que se necesitarán para manejar esta información.

El diseño conceptual se presenta utilizando el modelo entidad – relación, el cual surgió como la estructura formal más destacada para la representación conceptual de dato, este, se basa en solo unos pocos conceptos de modelado y posee una eficaz representación gráfica, en la que cada elemento del modelo corresponde a un símbolo grafico distinto, esta representación se denomina diagrama entidad relación”.

Identificación de Entidades y Atributos. Para la identificación de las entidades y atributos involucrados en el sistema se debe tener presente los siguientes términos: Entidades: Son aquellas que representan clases de objetos de la realidad.

Atributos: Son los que representan las propiedades básicas de las entidades o interrelaciones. Toda la información extensiva es portada por los atributos.

Dentro del sistema se tiene las siguientes entidades y atributos las cuales son:

Tabla 1. Entidades y atributos para el diseño conceptual de persistencia de datos.

| | |
|-----------|---|
| Entidad | Usuario |
| Atributos | idUsuario, nomUsuario, apeUsuario, semestreUsuario, programaUsuario |

| | |
|-----------|--|
| Entidad | Reporte |
| Atributos | idReporte, fechaReporte, datosReporte, usuario_idUsuario |

| | |
|-----------|---|
| Entidad | administrador |
| Atributos | nomAdministrador, apeAdministrador, passAdministrador |

| | |
|-----------|-----------------------|
| Entidad | puertoRs |
| Atributos | idPuertoRs, nomPuerto |

El modelo entidad – relación no únicamente debe tener en cuenta las entidades y los atributos involucrados en el sistema sino también interrelaciones que se generen. Las interrelaciones representan agregaciones de dos o más entidades. Para el sistema las interrelaciones existentes son:

Tabla 2. Interrelaciones para el diseño conceptual de persistencia de datos.

| | |
|-----------|---|
| Nombre | acceder |
| Entidad A | Usuario |
| Entidad B | Acceso_Sistema |
| Tipo | 1:N |
| Relación | tener Entidad A: Usuario Entidad B: Reporte Tipo: 1:N |

3.4 Diseño lógico para persistencia de datos

El diseño lógico parte del esquema conceptual y da como resultado un esquema lógico. Un esquema lógico es una descripción de la estructura de la base de datos que puede procesar el software. Un modelo lógico es un lenguaje usado para especificar esquemas lógicos; los modelos lógicos más usados pertenecen a tres clases: relacional, de redes y jerárquico.

El diseño lógico para el proceso de persistencia de datos se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 3. Detalle tabla Usuario.

| NOMBRE: Usuario | | | |
|--|---------------|-------------|--|
| DESCRIPCIÓN: Almacena información sobre la persona que utiliza el sistema. | | | |
| ATRIBUTOS | | | |
| NOMBRE | TIPO_DATO | PROPIEDADES | DESCRIPCIÓN |
| idUsuario | Numérico (20) | PK | Almacena el código de la persona que activa el sistema. |
| Nombre | Texto (20) | NN | Almacena el nombre del usuario. |
| Apellido | Texto (20) | NN, | Almacena el apellido del usuario. |
| semestre | texto(20) | NN, | Almacena el semestre del usuario del sistema. |
| Programa | Texto(20) | NN, | Almacena el programa al cual pertenece el usuario del sistema. |

Tabla 4. Detalle tabla Reporte.

| NOMBRE: Reporte | | | |
|---|---------------|-------------|---|
| DESCRIPCIÓN: Documento, generado por el Sistema, que nos presenta de manera Estructurada y/o Resumida, datos relevantes guardados o generados por la misma aplicación de tal manera que se vuelvan útiles para los fines. | | | |
| ATRIBUTOS | | | |
| NOMBRE | TIPO_DATO | PROPIEDADES | DESCRIPCIÓN |
| idReporte | Numérico (30) | PK | Almacena el código del reporte generado |
| Fecha | fecha | NN | Almacena la fecha en que fue generado el reporte |
| datos | Numérico (10) | NN | Almacena la cantidad de datos generados por el sistema |
| Usuario_idUsuario | Numerico (10) | NN | Almacena la configuración del usuario que genero el reporte |

Tabla 5. Detalle tabla Administrador.

| NOMBRE: Administrador | | | |
|--|-----------------|-------------|--|
| DESCRIPCIÓN: Almacena información de la persona que administra el sistema. | | | |
| ATRIBUTOS | | | |
| NOMBRE | TIPO_DATO | PROPIEDADES | DESCRIPCIÓN |
| idAdministrador | N Numérico (30) | PK | Almacena el código de la persona que administra el sistema. |
| nomAdministrador | T Texto (30) | NN,ND | Almacena el nombre del administrador del sistema. |
| apeAdministrador | T Texto (30) | NN,ND | Almacena el apellido del administrador del sistema. |
| passAdministrador | T Texto(30) | NN,ND | Almacena la contraseña designada por el administrador del sistema. |

Tabla 6. Detalle tabla puertoRs.

| NOMBRE: puertoRs | | | |
|---|-----------------|-------------|-------------------------------|
| DESCRIPCIÓN: Almacena información sobre la sesión del administrador | | | |
| ATRIBUTOS | | | |
| NOMBRE | TIPO_DATO | PROPIEDADES | DESCRIPCIÓN |
| idPuerto | N Numérico (30) | PK | Almacena el código del puerto |
| Nombre | T Texto(10) | NN,ND | Almacena el nombre del puerto |

3.5 Diseño físico para persistencia de datos

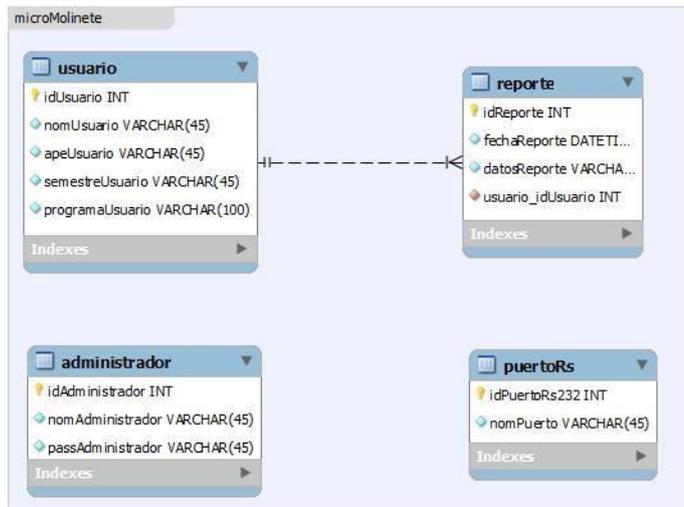


Fig. 4 Diseño físico para la persistencia de datos.

3.6 Interfaz de Usuario

En esta interfaz el usuario guarda sus datos como: nombre, apellido, código, programa y semestre del igual manera visualiza el comportamiento de los datos enviados a través del puerto RS232 en una gráfica de Velocidad vs Tiempo para posteriormente poder realizar el informe o reporte.



Fig. 5. Interfaz gráfica de usuario.

3.7 Interfaz de usuario Administrador

En esta interface el Administrador puede realizar varias tareas como: visualizar o realizar la consulta de los usuarios que utilizaron el sistema Water Speed, realizar el back up de la base de datos, realizar informes del sistema.

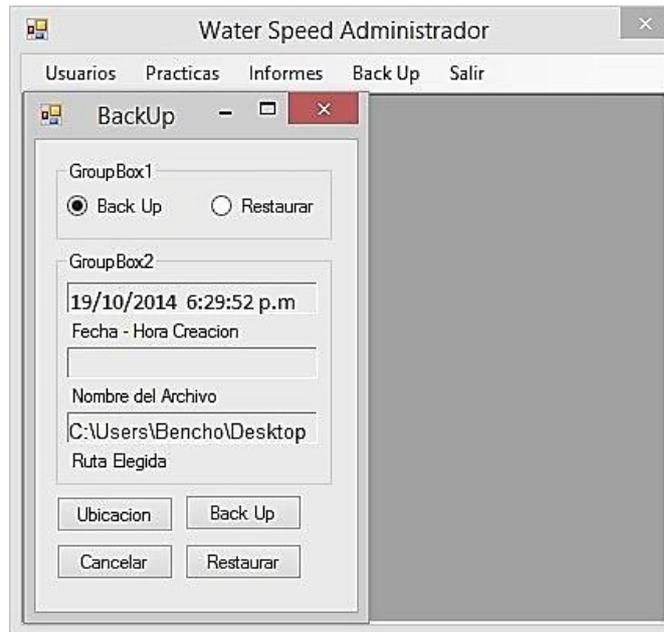


Fig. 5. Interface Administrador.

3.8 Diseño del Hardware

3.8.1 Simulación del proyecto en Isis Proteus

Antes de realizar el modelo del impreso para la tarjeta se realizó una simulación, para ello se utilizó “ISIS PROTEUS” para verificar el funcionamiento de cómo va a quedar la tarjeta y su debido funcionamiento. En la Figura 6 se observa cada uno de los componentes con su debido funcionamiento para la tarjeta de adquisición de los datos.

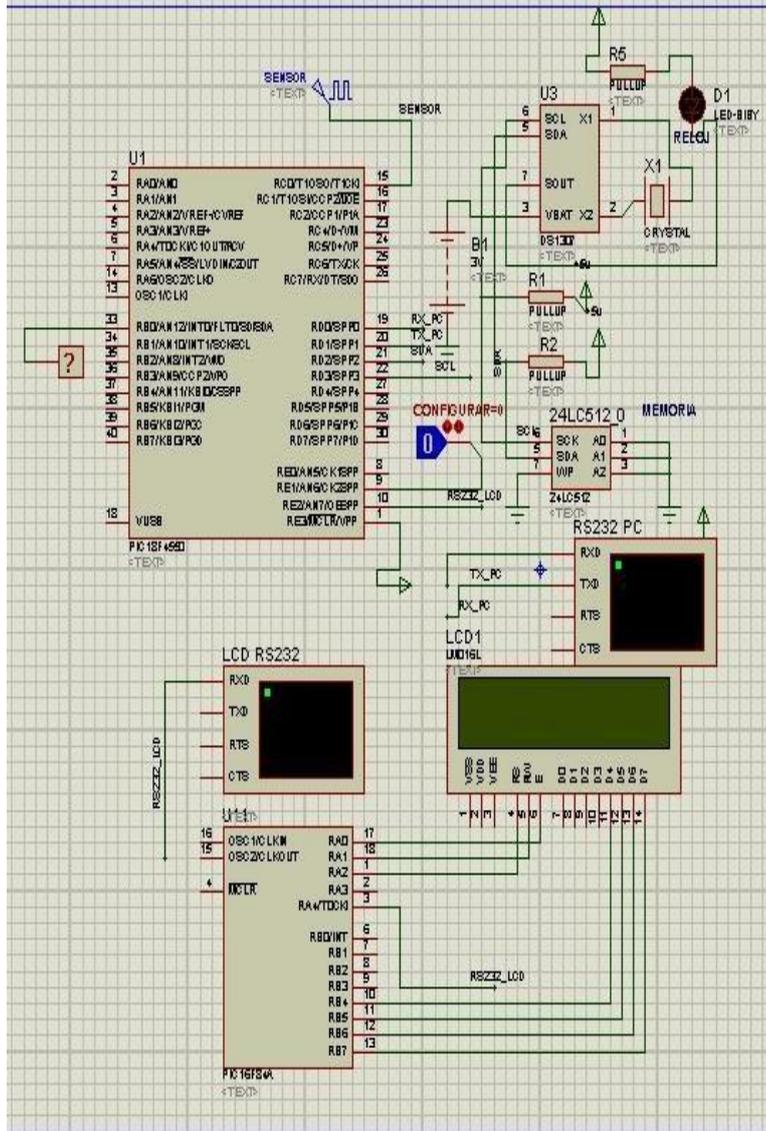


Fig. 6. Simulación en ISIS Proteus.

En la figura anterior ya se muestra la velocidad del agua calculada en la simulación del proyecto para ser montada como componente del proyecto.

El diseño del impreso de la tarjeta de adquisición de datos, es creada teniendo en cuenta el funcionamiento que se desea obtener en estos casos es la obtención de los datos por medio del sensor magnético y que sean procesados y enviados, para ello se realiza una simulación de nuestro prototipo en programas de simulación de circuitos electrónicos como se muestra en la Figura 7, el cual muestra su funcionamiento y

cuáles son sus componentes que se necesitan para un óptimo rendimiento de la tarjeta de adquisición de los datos, a partir de su funcionamiento se obtiene el modelo listo para ser impreso en una baquelita de cobre.

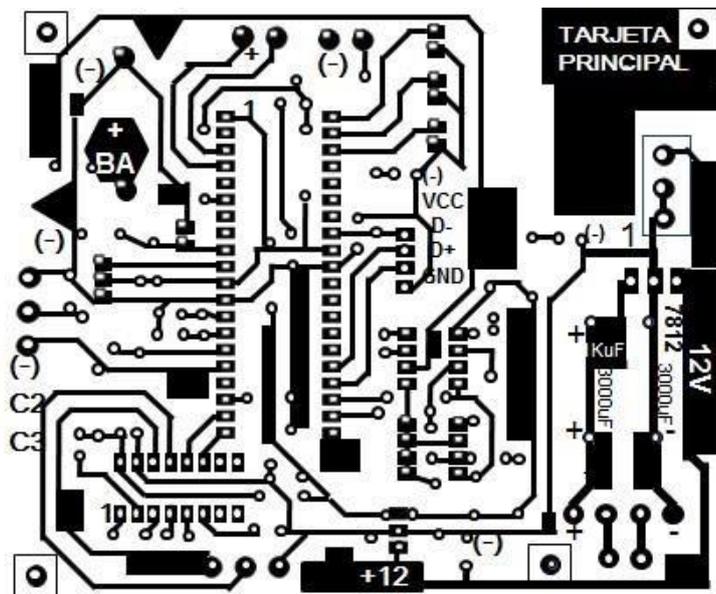


Fig. 7. Diseño impreso del dispositivo electrónico para el micromolinet.

3.8.2 Componentes Electrónicos

El sistema emisor para detectar la cantidad de caudal que pasa por un medidor hace uso de un Sensor magnético (Reed switch), a su vez con ayuda del PIC18F4550 construye la data y genera los comandos necesarios para con ayuda del Pic16F84 transmita los datos hasta el receptor.

El siguiente segmento describe el diagrama de bloques del sistema a desarrollar para entender el funcionamiento se describe cada uno de sus componentes:

PIC18F4550: Es uno de los Microcontroladores a emplear es el PIC18F4550, circuito integrado programable que utiliza instrucciones a 14 bits. Este microcontrolador PIC18F4550 se emplea en el módulo transmisor, para calcular el nivel del líquido por medio del sensor de ultrasonido SRF05. Recibe los datos y los envía hacia el receptor.

PIC16F84A: Es un microcontrolador que se utiliza en el receptor para visualizar los datos en una pantalla LCD. Es un microcontrolador bastante básico y por ello muchos de quienes inician el desarrollo de dispositivos electrónicos inician con este circuito programable. El microcontrolador cuenta con librerías para recibir los datos vía RS232 desde el microcontrolador receptor y visualizarlos en una pantalla LCD que se acopla con un bus de 8 bits.

Pantalla LCD a Utilizar LM016L: Existen distintitos tipos de pantallas LCD, para el proyecto se trabajara con una de 2 filas. Su consumo de corriente es muy bajo y cuentan con luz de fondo que permite visualizar la información hasta en la noche. Las pantallas LCD se pueden conectar a un micro por medio de un bus de 8 o 4 bits, para minimizar el número de líneas del microcontrolador que se encuentra en El módulo receptor se utiliza un microcontrolador pequeño como El 16F84A. La pantalla LCD permite visualizar la información en texto que genera el microcontrolador. La LCD le permite al administrador del sistema conocer información del sistema.

Memoria 24LC256: La memoria EEPROM externa permite almacenar información de los datos recogidos por el conteo de pulsos que envía el sensor hacia la tarjeta de adquisición, de tal manera que si el PC no se conecta este puede almacenar la fecha y la hora de lectura y una vez el software se acople al módulo descargar datos en memoria. Se asignan por cada estación transmisora 10 páginas de 256 posiciones cada una es decir que pueden almacenar alrededor de 80 paquetes de datos de 32 bytes. El sistema cuenta con una sola memoria, este circuito integrado utiliza el bus I2C para transferir información con el Microcontrolador maestro, los pines 5 y 6 son asignados a este bus. El pin 1, 2 y 3 se los utiliza para asignar una dirección, generando hasta 8 posibles combinaciones, finalmente el pin 7 permite habilitar o deshabilitar el proceso de grabado en el microcontrolador. Las operaciones de lectura y escritura tarda 5 milisegundos y en un circuito se pueden instalar hasta 8 memorias. La memoria 24LC256 la cual cuenta con 256 páginas, cada una de ellas con 256 posiciones, para un total de 64536 bytes en un circuito integrado de 8 pines. Es fabricada por Microchip.

Dallas DS1307. Es un reloj de tiempo real exacto, el cual automáticamente mantiene el tiempo y la fecha actual, incluyendo compensación para meses con menos de 31 días y saltos de año. Este circuito integrado es capaz de calcular años bisiestos y determinar el día de la semana, información importante cuando se desea realizar el monitoreo o el control de un sistema digital, por ello es muy utilizado en aplicaciones de telemetría que requieran determinar la fecha y la hora. El DS1307 es un circuito integrado de 8 pines al que se le conecta un cristal de cuarzo estándar a 32.768Hz entre los pines 1 y 2, elemento necesario para establecer el cálculo de tiempo. Al pin 3 se conecta una batería de respaldo de 3 voltios para mantener el cálculo del tiempo así se desconecte la fuente de alimentación del circuito principal. En los pines 5 y 6 sirven para conectarse a un bus I2C, finalmente el pin 7 se utiliza como salida para encender un led, el cual oscila a un hz si la fecha y la hora se encuentra configurada. La batería de respaldo puede durar más de un año y se coloca en una base, la referencia empleada es 2032. Este circuito integrado se utiliza para determinar la fecha y la hora de llegada de los diferentes mensajes enviados por los módulos de transmisión del micromolinetes.

Interfaz Gráfica de Conexión USB. Debido a la ausencia de puertos RS232 en computadores de escritorio y portátiles el sistema cuenta con un puerto USB que emula RS232 y de este modo los datos se enviaran por una interfaz gráfica desarrollada en Visual Basic.NET. Esta se debe construir para personalizar la interfaz gráfica y además obtener conexiones con bases de datos para que la información transmitida por el dispositivo anexo al equipo servidor se almacene y posteriormente se pueda analizar. En el presente proyecto se trabaja a 9600 bits por segundo, el tamaño de la palabra es de 8 bits, 2 bits de paridad, sin paridad y sin control de flujo.

Compilador. Existen diferentes tipos de compiladores en C, estos cambian de un fabricante a otro. Microchip ofrece un compilador de C, uno de ellos se denomina C18 y en este se puede trabajar con Microcontroladores de la familia 18. Debido a la necesidad de construir aplicaciones en el menor tiempo posible existen diversos tipos de compiladores, existen compiladores comerciales los cuales ofrecen a sus clientes software que se adquieren con licencia.

3.9 Construcción del hardware

3.9.1 Construcción de la Tarjeta de Adquisición.

Al microcontrolador (PIC 18F4550) llega la señal analógica que corresponde al sensor magnético ubicado en el micromolinete, esta señal es convertida en señal digital por el microcontrolador a través de los protocolos de programación MPLAB y son enviados al Micro de comunicación (PIC16F84) que es el encargado de consultar la memoria (24LC256) y el reloj (DS1307), logrando establecer comunicación con el computador por medio del circuito integrado MAX232. En la figura 8 se ilustra el montaje del dispositivo y sus componentes.

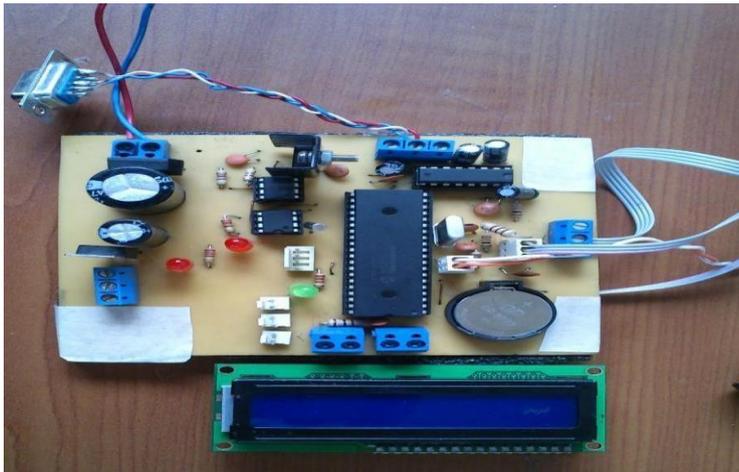


Fig. 8. Montaje del dispositivo.

3.9.2 Construcción del Micromolinete.

El primer prototipo del molinete fue elaborado en policarbonato de un disco compacto normal, por su fácil manipulación y obtención.



Fig. 9. Micromolinete en Policarbonato.

Por motivo de que el cuerpo del molinete era muy débil y flexible en la posición de las cazoletas, trayendo como consecuencia que el sensor magnético no registraba datos de manera uniforme provocando fluctuaciones en la toma de los datos y provocando la posible fractura del mismo. Por esta razón se construyó un nuevo micromolinete con cuerpo en teflón el cual corrigió los problemas de flexibilidad y debilidad presentados en el modelo anterior.



Fig. 10. Micromolinete en teflón

4 Resultados

Se realizaron pruebas del sistema “Water Speed”, implementado, en el laboratorio de hidráulica de la Universidad Mariana; la valoración consistió en realizar una medición paralela entre el sistema electrónico computarizado y el sistema de medición convencional. Se muestran algunos análisis estadísticos, donde se tomaron 14 velocidades diferentes, para cada velocidad se realizó el conteo de pulsos durante 10 segundos, el procedimiento se repitió 20 veces en cada velocidad.

Tabla 6. Datos velocidad de 0,3 ft/s.

| Molinete de hélice | Pulsos Water speed | Análisis estadístico | |
|--------------------|--------------------|------------------------|------|
| 0,3 Ft/s | 4,0 | Media | 4,5 |
| 0,3 Ft/s | 6,0 | Error típico | 0,2 |
| 0,3 Ft/s | 5,0 | Desviación estándar | 0,7 |
| 0,3 Ft/s | 4,0 | Varianza de la muestra | 0,5 |
| 0,3 Ft/s | 4,0 | Mínimo | 4,0 |
| 0,3 Ft/s | 4,0 | Máximo | 6,0 |
| 0,3 Ft/s | 4,0 | Suma | 90,0 |
| 0,3 Ft/s | 6,0 | Cuenta | 20,0 |
| 0,3 Ft/s | 4,0 | | |
| 0,3 Ft/s | 5,0 | | |
| 0,3 Ft/s | 4,0 | | |
| 0,3 Ft/s | 4,0 | | |
| 0,3 Ft/s | 5,0 | | |
| 0,3 Ft/s | 4,0 | | |

Tabla 7. Datos velocidad de 0,4 ft/s.

| Molinete de hélice | Pulsos Water speed | Análisis estadístico | |
|--------------------|--------------------|------------------------|-------|
| 0,4 Ft/s | 6,0 | Media | 6,0 |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | Error típico | 0,1 |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | Desviación estándar | 0,5 |
| 0,4 Ft/s | 7,0 | Varianza de la muestra | 0,2 |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | Mínimo | 5,0 |
| 0,4 Ft/s | 7,0 | Máximo | 7,0 |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | Suma | 120,0 |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | Cuenta | 20,0 |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | | |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | | |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | | |
| 0,4 Ft/s | 5,0 | | |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | | |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | | |
| 0,4 Ft/s | 5,0 | | |
| 0,4 Ft/s | 6,0 | | |

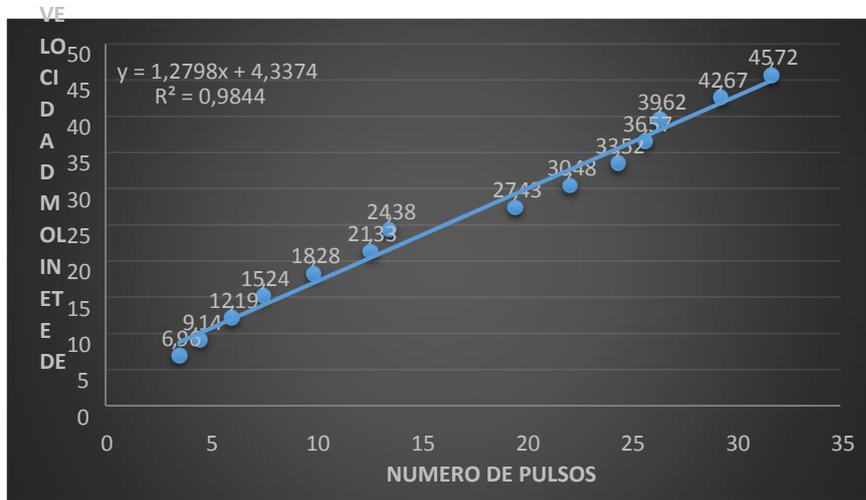


Fig. 11. Gráfica velocidad cm/s vs pulsos.

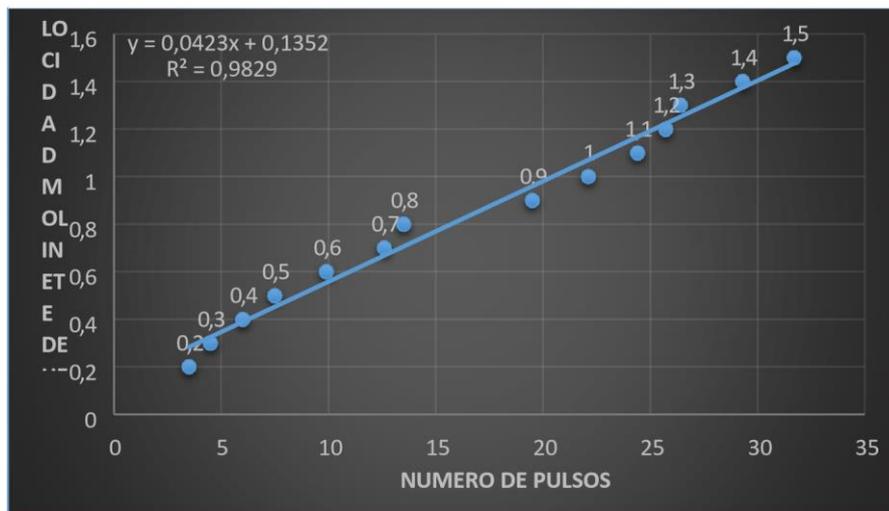


Fig. 12. Grafica velocidad ft/s vs pulsos.

Ecuación de lineavilidad en cm/s $y = 1,2798x + 4,3374$

Coefficiente de corrección = 0,9844

Ecuación de lineavilidad en ft/s $y = 0,0423x + 0,1352$

Coefficiente de corrección = 0.9829

Se realiza una regresión lineal del sistema convencional contra el sistema Water Speed y esto muestra los resultados de la investigación y en ellas se determina si el sistema semiautomático computarizado, es más confiable que el sistema convencional que actualmente se está utilizando, el sistema convencional muestra una aproximación donde el coeficiente de corrección es menor a nuestro sistema, y el sistema Water Speed se aproxima a una regresión lineal perfecta lo cual indica que los datos generados por el sistema Water Speed son más confiables que los datos generados por el medidor convencional.

De acuerdo con el análisis estadístico, la desviación estándar en el sistema convencional es mayor, indicando una fluctuación de valores bastante apreciable. Por último, el error típico es menor en el sistema Water Speed, lo que indica que este sistema presenta mayor confiabilidad que el método convencional.

5 Conclusiones

El desarrollo del prototipo de medición mejoró el proceso de toma de datos, ya que esta herramienta puede ser adquirida por instituciones interesadas en el tema y para los estudiantes de ingeniería ambiental, ingeniería de sistemas o ingeniería electrónica porque cuenta como un referente para el desarrollo de futuras investigaciones en las cuales hagan uso de sistemas que requieran ejecutar procesos similares.

Estableciendo una comparación entre el medidor convencional que se encuentra en los laboratorios de la Universidad Mariana y el sistema semiautomático Water Speed se obtuvieron resultados que demuestran que el sistema facilita la toma de datos y la realización de las prácticas.

Para trabajar con datos que tenga que ver con punto flotante es necesario la utilización de un Pic fuerte como lo es el Pic18F4550, el que cuenta con más capacidad en memoria y procesamiento que el Pic Convencional Pic16F877.

Los procedimientos de almacenamiento a utilizar en esta investigación, fueron muy importantes para generar mayor seguridad dentro de la aplicación, debido a que son rutinas que permiten ejecutar procesos dentro de la base de datos, sin tener interacción directa con funciones SQL.

Una buena documentación de riesgos nos permitió controlar el impacto de los mismos dentro de la investigación que se está realizando y así evitar adversidades en las pruebas e implementación del sistema.

A través de las matemáticas se pueden comprobar ecuaciones y principios físicos que pueden ser muy esenciales para que el desarrollo de una aplicación basada en un lenguaje de programación. Las pruebas de señal sensorial, calibración, y los

comportamientos en la toma de datos hacen evidente que el estudio que se está realizando es factible para la comunidad.

En el desarrollo de la investigación, se llevó un proceso ordenado de documentación de software y aplicación, lo que permitió apreciar que con la ingeniería de sistemas se puede demostrar, trabajar y desarrollar investigaciones para solucionar diversidad de problemas.

El ciclo de vida incremental aplicado dentro de esta investigación, permitió comprobar cada incremento, tanto de software como de hardware, con el fin de solucionar los problemas que se presentan en el mismo.

Atraves de las matemáticas se puede comprobar ecuaciones y principios físicos que son necesarios para el desarrollo de una aplicación en un lenguaje de programación. Al culminar el proyecto, las pruebas de linealidad de la señal sensorial, la calibración, ecuaciones obtenidas para el sensor se lograron gracias a regresiones lineales y graficas donde se evidencian el comportamiento.

El prototipo Water Speed es un sistema el cual brinda confianza al usuario en la toma de los datos y en la facilidad que tiene el momento de visualizarlos por medio de la aplicación de escritorio.

Referencias

1. L. GARCIA GUTIERRES, "Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado.," 2012.
2. A. Ruiz Aparicio, "Medidores de velocidad (hélice, turbina y molinete)," 2001.
3. R. Pallas, "instrumentación de sensores," Universidad politécnica de Cataluña (UPC), 1975.
4. D. R. M. Arnold, "Teoría de Sistemas, Nuevos Paradigmas," *"Revista paraguaya de Sociología"*, 1989.